



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

La turmalina como mineral indicador en las mineralizaciones peridiapíricas: Ejemplo de la cuenca Vasco Cantábrica

Renzo Galdos¹, Àngels Canals¹, Esteve Cardellach²

¹Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Barcelona (España)

²Facultat de Geologia. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona (España)

RESUMEN

En las mineralizaciones de Zn-Pb y barita localizadas en los alrededores del diapiro de Murguía (Cuenca Vasco Cantábrica). Se presentan una serie de turmalinas: turmalinas heredadas (clastos detríticos) y turmalinas autigénicas. Presentes tanto en la zona carbonatada de transición (cap rock modificado por fluidos hidrotermales mineralizantes), como en los materiales cretácicos detríticos de la formación Valmaseda. La turmalina es un mineral capaz de retener la información del ambiente en el que se desarrolla, por lo que en este trabajo se estudia las características mineralógicas de estas turmalinas en orden de elucidar el origen de estas y relacionar la información que este mineral pueda proporcionar acerca de sus condiciones de formación, con los eventos mineralogénicos descritos en la zona. Con este objetivo se estudian 33 láminas delgadas de los indicios mineros de Altube, Juego e Iturlum en los alrededores del diapiro de Murguía, con ayuda del microscopio Petrográfico, SEM-EDS y EMPA. Los resultados muestran turmalinas autigénicas desarrolladas como sobrecrecimientos asimétricos sobre turmalinas heredadas, típico de turmalinas formadas a bajas temperaturas. Estas turmalinas presentan altos contenidos de Al (> 6.0 apfu), Mg (> 2.1 apfu) perteneciendo a la serie de las dravitas y magnesiofoititas, composiciones que difieren de las típicas turmalinas asociadas a ambientes hipersalinos de baja temperatura en evaporitas, sugiriendo condiciones de formación en ambien-

tes reductores en equilibrio con la generación del cap rock y la precipitación de la mineralización metálica de Zn-Pb.

Palabras clave: turmalina, mineralizaciones de Zn-Pb, diapiro, autigénica, dravita, magnesiofoitita.

ABSTRACT

Inherited and authigenic tourmalines occur associated with Zn-Pb sulphides and baritine mineralization located around the Murguía diapir (Basque Cantabrian Basin). This mineral is found in the modified cap rock and the Cretaceous detrital material of the Valmaseda formation. Tourmaline has been proposed as a geochemical tracer in a wide range of geological environments. Therefore, this work presents the mineralogical characteristics of these tourmalines in order to elucidate mineralization events and conditions. For this purpose, tourmalines from 33 polished thin sections from mineralized zones at Altube, Jugo and Iturlum surrounding the Murguía diapir have been studied by petrographic microscope, SEM-EDS and EMPA. Authigenic tourmalines developed as monopolar or asymmetric overgrowths on inherited nucleus as well as simple crystals, and formed at low temperatures. They present high Al (> 6.0 apfu), Mg (> 2.1 apfu) contents and belong to the dravite and magnesio-foitite series. These compositions differ of the typical tourmalines associated with low-temperature hypersaline environments in evaporites and suggest reducing conditions in equilibrium with the generation of cap rock and

the precipitation of metallic Zn-Pb mineralization.

Key-words: tourmaline, Zn-Pb mineralization, diapir, authigenic, dravite, magnesiofoitite.

DESARROLLO

La turmalina es un mineral estable en un amplio rango de condiciones, llegando a cubrir todas las presentes en la corteza terrestre (Dutrow y Henry, 2011). Esto es así porque su estructura cristalina es capaz de incorporar un gran número de cationes mono-, di-, tri-, y tetravalentes, así como aniones mono- y divalentes. Es un mineral que acostumbra a presentar recrecimientos, donde cada uno de ellos puede almacenar la información del ambiente en el que creció (Hinsberg et al., 2011). Además, posee la capacidad de contener información sobre la temperatura, presión, composición del fluido (Dutrow y Henry, 2011) y estado de oxidación en el cual se desarrolla (Slack y Trumbull, 2011). El presente trabajo se centra en el estudio de las turmalinas que aparecen en un conjunto de mineralizaciones peridiapíricas de sulfuros de Zn-Pb y barita situadas alrededor del diapiro de Murguía (Álava), en la Cuenca Vasco Cantábrica. De acuerdo con Perona et al., (2015), las mineralizaciones se localizan tanto en la llamada zona carbonatada de transición (ZCT), que corresponde a un cap rock modificado por los fluidos hidrotermales mineralizantes, como en los materiales detríticos del Cretácico inferior de la Fm. Valmaseda. Los objetivos de este trabajo son: 1) determinar el origen de la turmalina y valorar su papel como trazador en las mineralizaciones peridiapíricas, y 2) contrastar y relacionar la información que este mineral pueda proporcionar acerca de sus condiciones de formación, con los eventos mineralogénicos descritos en la zona. Con este propósito se han estudiado 33 láminas delgadas con pulido metalográfico, provenientes de indicios mineros de Altube, Jugo e Iturlum, correspondientes a muestras de sondeos de exploración y labores abandonadas en el entorno del diapiro de Murguía. Las técnicas utilizadas han sido la microscopía de luz polarizada transmitida y reflejada para la caracterización mineralógica y textural de las rocas, posteriormente se analizaron las turmalinas identificadas en 12 láminas delgadas, de manera cuantitativa mediante espectrometría de dispersión de longitud de onda (WDS), en análisis puntuales utilizando la microsonda electrónica modelo JEOL JXA-8230 de los Servicios Científico Técnico (SCT) de la Universidad de Barcelona (UB). Las condiciones de análisis fueron de 20 kV y una corriente de son-

da de 15nA de haz de 2 μm de diámetro. Previo al análisis con microsonda, la identificación de turmalinas en las láminas de Jugo e Iturlum fue asistido con el microscopio electrónico de barrido modelo Quanta Q-200 de los SCT de la UB.

Resultados

Las turmalinas clasificadas como autigénicas, en las láminas delgadas procedentes de la ZCT del diapiro de Murguía, zonas de Altube, Jugo e Iturlum presentan características ópticas, morfológicas y químicas similares y, diferentes de las de turmalinas heredadas (núcleos). Esta diferenciación ya fue puesta de manifiesto por Perona (2016) en muestras de Altube.

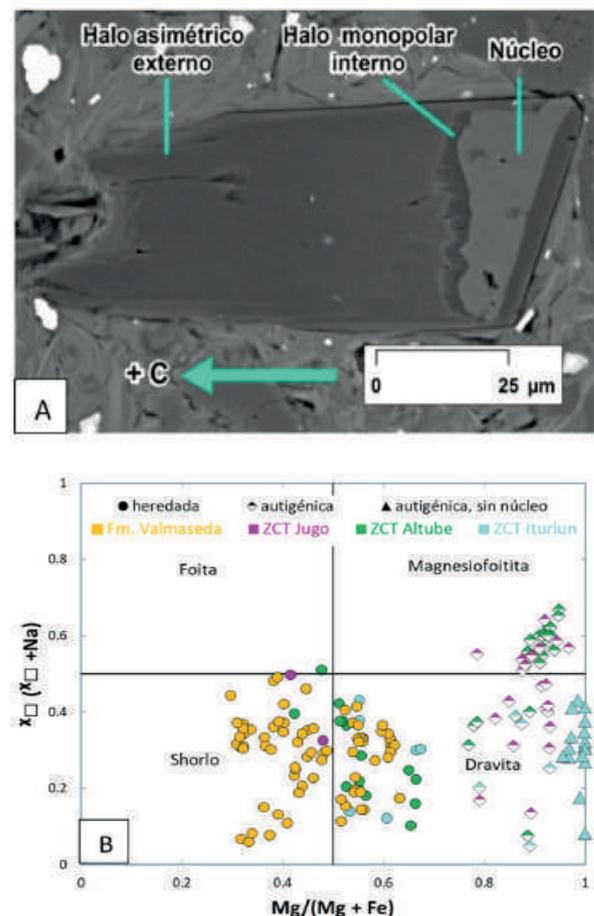


Fig. 1.- (A) Imagen BSE de turmalina en la ZCT de Altube, conformada por un núcleo (turmalina heredada) y sobrecrecimientos asimétricos (turmalinas autigénicas en forma de halos) que muestran terminaciones tipo empalizada hacia el eje positivo C. (B) Diferencias composicionales entre las turmalinas heredadas y las turmalinas autigénicas sobre el diagrama de clasificación para turmalinas con poca cantidad de Ca en la posición X y poca cantidad de Fe en la posición W (Henry y Dutrow, 2012).

Las turmalinas autigénicas son transparentes, no pleocroicas, en ocasiones se amoldan a la forma de minerales preexistentes y si se desarrollan como sobrecrecimientos estos son generalmente asimétricos (Fig. 1A). Mientras que las turmalinas heredadas son de diversos colores principalmente verdes y presentan un pleocroísmo intenso. Composicionalmente las turmalinas heredadas son distintas a las autigénicas como se muestra claramente en la figura 1B.

Las turmalinas autigénicas composicionalmente son ricas en $Mg > 2.1$ apfu, con una relación de $Mg/(Mg+Fe) > 0.77$ perteneciendo a la serie de las dravitas y magnesiofoititas (Fig. 1B), ubicándose en el diagrama triangular Al-Fe-Mg sobre la línea chorlo-dravita y a la derecha de la línea povondraita oxi-dravita (Fig. 2A), lo que indica que no hay sustitución de Fe^{3+} por Al.

De acuerdo con Baksheev et al., (2011), Hazarika et al., (2015) y Ranta et al., (2017) esto ocurre cuando la relación $Fe^{(+3)}/Fe^{(+2)}$ es baja, propio de las condiciones reductoras, en las que, si hay azufre disponible, se produce la precipitación de sulfuros de hierro, descendiendo el contenido de hierro en el fluido, y consecuentemente en la turmalina que precipita a partir de él (Henry et al., 2008). Esta composición que difiere de las típicas turmalinas formadas a bajas temperaturas asociadas a domos salinos.

Este es el caso de las del cap rock de calcita de Challenger Knoll en el Golfo de México (Henry et al., 1999), o el del cap rock de Alto Chapare en Cochabamba (Bolivia), que corresponde a un cap rock brechoide, levemente metamorfozido (Žáček et al., 2000). En ambas localidades las turmalinas muestran un déficit de Al que es sustituido por $Fe^{(+3)}$. En el diagrama triangular Al-Fe-Mg se sitúan debajo de la línea chorlo-dravita, siguiendo la tendencia de la línea povondraita oxi-dravita, son ricas en Na en la posición X, y O en la posición W. Todas estas características son reflejo de las condiciones hipersalinas y oxidantes asociadas a evaporitas (Henry et al., 1999; Žáček et al., 2000), características que también comparten las metaevaporitas de Liaoning (China) y Stolzenfeld (Namibia) (Henry et al., 2008) o incluso las turmalinas formadas en ambientes hipersalinos oxidantes en depósitos minerales como pórfidos, donde las turmalinas se asocian al proceso de ebullición (Baksheev et al., 2011; Henry y Dutrow, 2012).

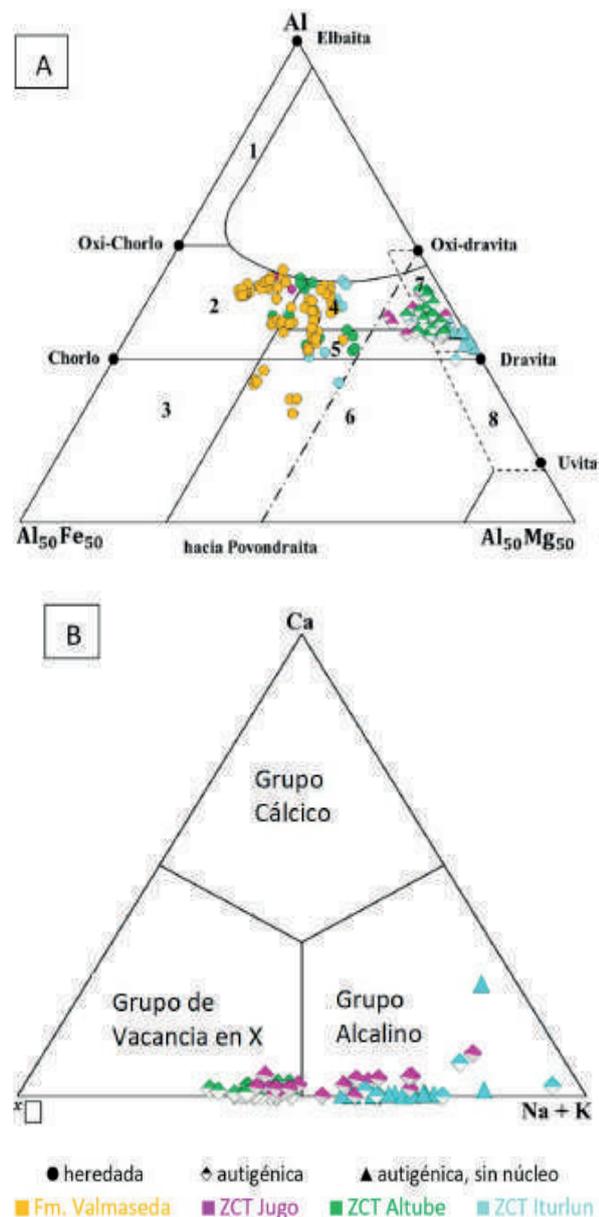


Fig. 2.- (A) Turmalinas heredadas y autigénicas del diapiro de Murguía sobre Diagrama Al-Fe-Mg en proporciones moleculares (Henry y Guidotti, 1985) para turmalinas en varios tipos de rocas: (1) Granitoides ricos en Li, (2) Granitoides pobres en Li, (3) Granitos con alteración hidrotermal, enriquecidos en Fe^{3+} , (4) Metapelitas y metapsamitas coexistentes con una fase saturada en Al. (5) Metapelitas y metapsamitas no coexistentes con una fase saturada en Al, (6) Rocas cuarzo - turmalínicas ricas en Fe^{3+} , rocas calcosilicatadas y metapelitas, (7) Rocas metaultramáficas empobrecidas en Ca y metasedimentos ricos en Cr, V, y (8) Metacarbonatos y metapiroxenitas. (B) Diagrama para la clasificación de turmalinas basado en la dominancia de la posición X, (Henry et al., 2011). Turmalinas autigénicas en la ZCT de Altube, Jugo e Iturlun.

La principal diferencia que muestran entre sí las turmalinas autigénicas de la ZCT del diapiro de Murguía radica en su contenido de Na en la posición X. Así, las turmalinas autigénicas de Altube pertenecen al grupo de vacancia en X, mientras que las de Iturlum corresponden al grupo alcalino, en Jugo las turmalinas autigénicas corresponden a ambos grupos, el de vacancia en X y alcalino (Fig. 2B). En las turmalinas el contenido de Na en la posición X está determinada por la cantidad de Na en el ambiente principalmente el del fluido (von Goerne et al., 2001; Aranovich y Newton, 1996 en Henry y Dutrow 2012). Las turmalinas de la ZCT del diapiro de Murguía cristalizaron equilibrándose con distintos fluidos: a) las de Altube con fluidos con contenidos pobres en Na, responsables de la mineralización metálica; b) las de Iturlum con contenidos más elevados en Na en la posición X, equilibradas con un fluido rico en Na, probablemente los fluidos generadores del cap rock y c) las de Jugo con contenidos de Na variable que podrían corresponder a turmalinas que cristalizaron en ambos eventos.

CONCLUSIONES

Las turmalinas presentes en las mineralizaciones peridiapíricas de Zn-Pb y baritina situadas en el diapiro de Murguía (Cuenca Vasco Cantábrica), corresponden a turmalinas heredadas y turmalinas autigénicas, algunas de las turmalinas autigénicas se desarrollan como sobrecrecimientos, estos sobrecrecimientos son principalmente asimétricos con un desarrollo mayor siguiendo la dirección del eje +C, característica de turmalinas formadas a bajas temperaturas ($< \approx 300^\circ \text{C}$).

Las composiciones de las turmalinas autigénicas de la ZCT (cap rock modificado) del diapiro de Murguía presentan contenidos altos de Al > 6.0 apfu y Mg > 2.1 apfu, indicando un crecimiento en condiciones reductoras. Los contenidos variables en Na, permiten determinar si su formación fue singenética a las mineralizaciones de baritina, y probablemente asociadas a la formación del cap rock (turmalinas ricas en Na), o se formaron con posterioridad junto a las mineralizaciones metálicas de Zn-Pb (turmalinas pobres en Na).

REFERENCIAS

- Baksheev, I.A., Prokofev, V.Y., Yapaskurt, V.O., Vigasina, M.F., Zorina, L.D., Solov'ev, V.N. (2011). Ferric-iron-rich tourmaline from the Darasun Gold Deposit, Transbaikalia, Russia. *The Canadian Mineralogist*, 49, 263–276.
- Dutrow, B.L., Henry, D.J. (2011) *Tourmaline: A geological DVD*. Elements, 7, 301–306.
- Hazarika, P., Mishra, B., Pruseth, K.L. (2015). Diverse tourmaline compositions from orogenic gold deposits in the Hutti-Maski Greenstone Belt, India: implications for sources of ore-forming fluids. *Economic Geology*, 110, 337–353.
- Henry, D.J., Dutrow, B.L. (2012). Tourmaline at diagenetic to low-grade metamorphic conditions: Its petrologic applicability. *Lithos*, 154, 16–32.
- Henry, D.J., Guidotti, C.V. (1985). Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral- An example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *American mineralogist*, 70, 1-15.
- Henry, D. J., Kirkland, B.L., Kirkland, D.W. (1999). Sector-zoned tourmaline from the cap rock of a salt dome. *European Journal of Mineralogy*, 11, 263-280.
- Henry, D.J., Sun, H., Slack, J.F., Dutrow, B.L. (2008). Tourmaline in meta-evaporites and highly magnesian rocks: perspectives from Namibian tourmalinites. *European Journal of Mineralogy*, 20, 889–904.
- Henry, D.J., Novák, M., Hawthorne, F.C., Ertl, A., Dutrow, B.L., Uher, P., Pez-zotta, F. (2011). Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *American Mineralogist*, 96, 895–913.
- Perona, J. (2016) Mineralizaciones de Zn-Pb asociadas a los diapiros de Murguía y Orduña (Cuenca Vasco Cantábrica). Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, 423pp.
- Perona, J., Canals, À., Cardellach, E. (2015): Ore-related Carbonates in Diapiric Environments (Basque Cantabrian Basin, N Spain): Insights from C and O Isotope Data., *Proceeding of the 13th Biennial SGA Meeting, 1981-1984, Nancy, France*.
- Ranta, J., Hanski, E., Cook, N., Lahaye, Y. (2017). Source of boron in the Palokas gold deposit, northern Finland: evidence from boron isotopes and major element composition of tourmaline. *Mineralium Deposita*, 52, 733-746.
- Slack, J. F., Trumbull, R. B. (2011). Tourmaline as a recorder of ore-forming proces-

ses. Elements, 7, 321-326.

Van Hinsberg, V. J., Henry, D. J., Marschall, H. R. (2011). Tourmaline: an ideal indicator of its host environment. The Canadian Mineralogist, 49, 1-16.

von Goerne, G., Franz, G. Heinrich, W. (2001): Synthesis of tourmaline solid solutions in the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}$ and the distribution of Na between tourmaline and fluid at 300 to 700°C and 200 MPa. Contributions to Mineralogy and Petrology, 141, 160-173.

Žáček, V., Frýda, J., Petrov, A., Hyršl, J. (2000). Tourmalines of the povondraite-(oxy) dravite series from the cap rock of meta-evaporite in Alto Chapare, Cochabamba, Bolivia. Journal of the Czech Geological Society, 54, 3-11.